

Лекции

«Структурно-дифракционный анализ»

студентки 4-го курса

группы А.Ф.-43

Салихова Илья

1.1. История открытия рентгеновских лучей

5.09.
2012

Ж.Ж. : кристаллические (из жидк)
конденсированное (из газа)
консамдация (из ультрадисперс. газовой)
{преобразование}

Монокристаллы и поликристаллы

Кристаллизация - процесс перехода из жидкого состояния в твердое



Капельки с жидкостью, капля и постепенно омиаюая, образуются зародки (□) и растут - растет ⇒ наугадается КР и образуется МОНОКРИСТАЛЛ

В зависимости от кристаллизации может возникать несколько зародков и расти, в итоге разрастается и становится ПОЛИКРИСТАЛЛОМ

В.К. Рентген (1845 - 1923) - 8 ноября 1895 г. сделал открытие

1901 г. - первая в истории Нобелевская премия по физике, присвоенная Рентгену за открытие лучей.

1890 г. - первый в мире «угранино» паучениый рентгеновский снимок

за 11 лет до Рентгена в Баку были открыты лучи, обладающие фотохим. св-вом

И.Ф. Гумой
Лампа Гумой за 14 лет до Рентгена

26.09
2012

Наиболее значимые события рентген.

1901 - Ноб. премия

1913 - Т. Мозли доказал, что поредковому номеру

1914 - Ноб пр за открытие дифракции р/л Лауэ

1915 - Ноб. пр. за открытие кристаллов Брэггов

1917 - Ноб. пр. за открытие характеристик р/л

1922 - Ноб пр за разработку ~~и~~ прием. Кильсбер

1922 - Ноб. пр. за открытие Тафнера

1924 - Н. п. за исследование спектров катиона

1925 - Н. п. за открытие Re

1927 - Н. п. за открытие Кассиди

1928 - Н. п. за вклад

1936 - Н. п. за изучение молекулярной структуры

1945 - Н. п. в обл. медицины.
(строение белка)

1979 - Н. п. за открытие осевой рентгеновской томографии

1981 - разработка рентген-спектрометра

Дифракция рентгеновских лучей

Лауэ (1912)

Дифракция - явление, кот связано с отклонением от геом. оптики, несоблюдение законов геом. оптики

Френель и Ми

Дифракция - соотношение между длиной волны и неоднородностью среды

Открытие дифракции р/л подтверждено:

1) в ТТ атомы расположены упорядочено, при этом рассеяние между атомами измеримо

2) р/л св-ае э/м волнами

Раздел 2.1. Физика р/л

2.1. Природа р/л их преломление и дифракция

Радиоволны		$3 \cdot 10^5 - 5 \cdot 10^3$ [см]
Свет	ИК	$5 \cdot 10^{-2} - 8 \cdot 10^{-5}$
	Вид. свет	$8 \cdot 10^{-5} - 4 \cdot 10^{-5}$
	УФ	$4 \cdot 10^{-5} - 10^{-7}$
РЛ	ХРЛ (характ)	$4 \cdot 10^{-6} - 5 \cdot 10^{-10}$
	ТЛ (торидное)	$8 \cdot 10^{-6} - 10^{-13}$
γ-лучи (ра распады)		$2 \cdot 10^{-8} - 6 \cdot 10^{-11}$

При переходе с ТТ в воздухе коэф. преломления $n < 1$

коэф. преломления ν

$$1 - \nu = \delta = \frac{Ne^2 \lambda^2 \sum \rho_i Z_i}{2\pi m c^2 \sum \rho_i A_i} =$$

$$= 1,35 \rho \lambda^2 \cdot 10^{-10}$$

N - число Авогадро

Z_i - атомный номер i -го компонента

A_i - атомный вес

ρ - плотность вещества

ρ_i - доля в составе вещества

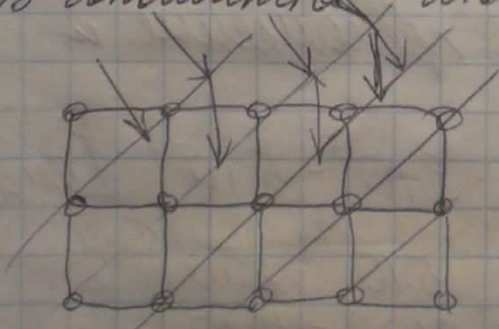
$$\sin \lambda \approx \nu \quad \lambda = 89^\circ 37' 30''$$

ρ/λ с $\lambda = 1,279 \text{ \AA}$ падает на серебро

т.к. ν зависит от λ , то свет можем разложить в спектр.

ρ/λ воздействуют на e во атомах, e начинают колебаться и излучать с первоначальной частотой

В большинстве атомов $> 1e$,



Вульф и Брен (и) выяснили, что рассеяние на каждом отдельном атоме можно легко рассм. как отражение от отдельных атомных плоскостей

$2d \sin \theta = n\lambda$ - определ. условия, котор. покажут, как интерферированные волны дальше распространяются

d - межплоскостное расстояние

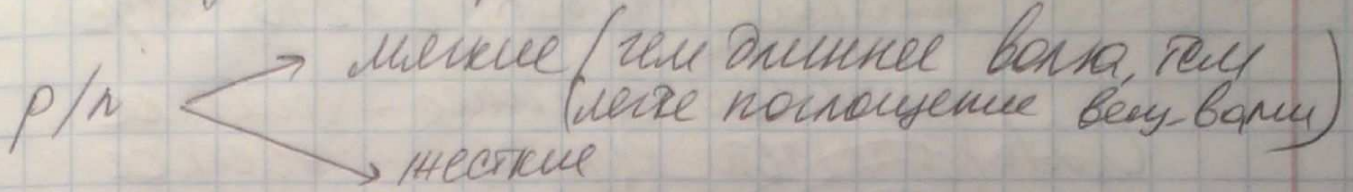
θ - угол θ скольжения лучей по отражен. пл-ти

n - порядок отражения

§ Спектр р/н

✓

Каково спектр характеру длины волны



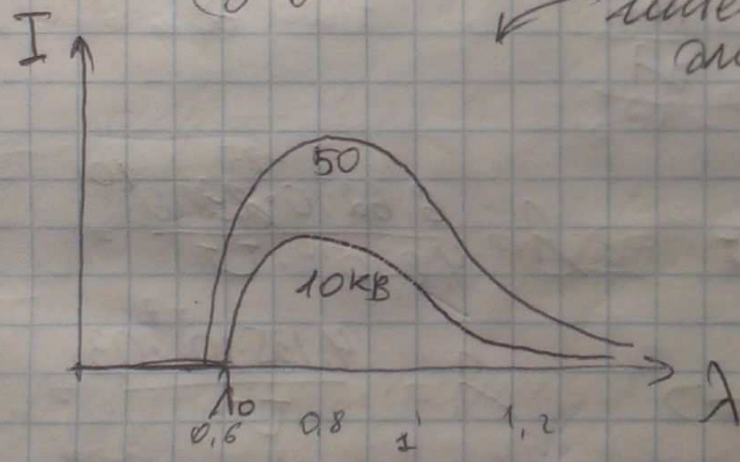
§ Излучение со сплошным спектром-термическое излучение

1.10.2012 ✓

1) р/н возникают в ре-те процессов в атоме, кот обильно сопровождаются излучением энергии в атоме (ХРИ)

2) р/н возникают, когда есть леглинии е, попадает на предмете, тормозит и друг. энергию? (ТРИ)

интенсивн. излучение от много волн



$$I = \frac{dJ}{dt}$$

10кВ - напряж. между катодом и анодом

λ_0 - мин длина волны (самая жесткая, самая короткая) самая большая энергия излуч.

$$E = h\nu \quad h = 6,625 \cdot 10^{-27} \text{ Дж/сек}$$

желтый свет $E = 3 \cdot 10^{-12} \text{ Дж/сек}$

радиоволны $E = 3 \cdot 10^{21}$ эВ/с

рл мелкие (1А) $E = 2 \cdot 10^{-8}$ эВ/с

мелкое (0,0001А) $E = 2 \cdot 10^{-5}$ эВ/с

0,2А (0,21А) что длиннее - мелкое
(0,19А) что короче - жесткое

В трулке летит \bar{e} ускор. полем и резко тормоз. медленными анодами, при этом \bar{e} тратит энергию на возбужд. атома анода

$$h\nu = \frac{mV^2}{2} - P$$

P - энергия, кот. тратится на возбужд. процессов

Все энергия квант \rightarrow кинет. энергию

Эту энергию eU сообщает Эл, кот созд.

$$\frac{mV^2}{2} = eU = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{hc}{eU} \Rightarrow \lambda = \frac{6,62 \cdot 10^{-27} \cdot 3 \cdot 10^{10}}{4,8 \cdot 10^{10} \cdot U} =$$

$$= \frac{4,135 \cdot 10^{-7}}{U} \text{ (см)} \Rightarrow$$

$$\lambda = \frac{4,135 \cdot 10^{-7} \cdot 0,3}{U} =$$

$\left. \begin{array}{l} \text{ред стлб} = 300 \text{ В} \\ \text{напр} \\ U \text{ в кв; } \lambda \text{ в А} \end{array} \right\}$

$$\lambda = \frac{12,4 \cdot 10^{-8}}{U} = \frac{12,4}{U} \text{ А (кВ)}$$

$$\lambda = \frac{12,4}{U} \text{ А}$$

Вместо волна рентген. изл.

точке max интенсивности :

$$\lambda = 1,5 \lambda_0$$

мощность р/и (рентген. излучение)

$$P = \alpha Z i U^2$$

↑
(порядк
нав. эл-ов анода)

α - коэф. пропорц.

i - ток

Если рентген. трубка потребл мощность P_0

$$P_0 = P_0 \quad \text{к.п.д.} = \eta = \frac{P}{P_0} = \frac{\alpha Z i U^2}{i U} = \alpha Z U$$

$$\eta = \alpha Z U$$

Чем выше Z анода, тем больше энергии идет на получение излучения со сплошным спектром

эле. высших: $\alpha \approx 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ ед/кВ}$

$$\eta = \frac{1,5 \cdot 10^{-6} \cdot 100 \cdot 200}{200} = 3 \cdot 10^{-2} = 0,03$$

кпд = 3%

↓ отком. мощн кот нам нужна
мощн, кот мы приложили

целевой мощности = 2%

§ Характеристическое р/и

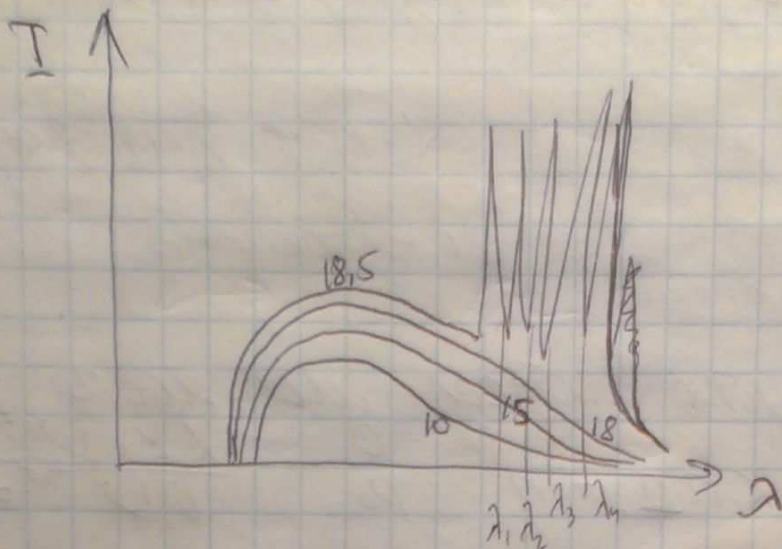
рентген-трубка с Mo применяла напря-
жение 10 кВ, 15 кВ, 18 кВ, а катода
применяла 18,5 кВ полн. непрерывн
спектр, с кэф. $A_1 = 0,621 [A]$

$$A_2 = 0,632$$

$$A_3 = 0,709$$

$$A_4 = 0,714$$

Дальше кэф не меняются, только линии интенсивн



Линии $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$ наз- K-серией ХРЦ Мо

При этом, линии серии K в этом спектре - самые жесткие, самые коротковолновые. Эти линии обознач. греческими буквами α и β индексами 1 и 2

$$\lambda_{\alpha_2} > \lambda_{\alpha_1} > \lambda_{\beta_1} > \lambda_{\beta_2}$$

Интенсивности относятся, как

$$50 : 100 : 10 : 5$$

Чем выше атомный номер элемента, тем жестче ХРЦ

Предельное напряжение, вост K-серии возникает - 18кВ - потенциал возбуждения K-серии молибдена

Т.к. K-серии W, чем K-серии Мо можно но их создание надо больше энергии, т.е. потенциал возбуждения выше.

W в серии ХРЦ

n - главное кв. число

$$n = 1 \\ = 2 \\ 3$$

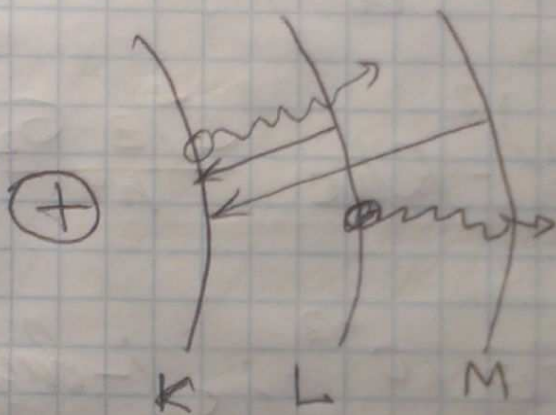
~~Р-орбит~~
Р-орб

К-орбита → 2
L-орбита → 8
M-орбита → 18

энергия в/н атома $E_n = - \frac{2\pi^2 e^4 m}{h^2} \frac{z^2}{n^2}$

$$h\nu_{\text{ок}} = E_n - E_k$$

E_n - энергия
- нач. урв.
 E_k - энергия кон.
уровня



е вылетает из К-оболочки, а пустое место заполняется и возникает К-серия.

В зав-ти от того, с какого уровня перешел е на пустое место, и возникают либо α-линии, либо β-линии.

Можно расписать энерг. урв для в/н атома:

$$\frac{1}{\lambda_{n_1 n_2}} = \frac{\nu_{n_1 n_2}}{c} = \frac{E_{n_1} - E_{n_2}}{hc} = \frac{2\pi^2 e^4 m}{h^2 c} z^2 \left(\frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2} \right)$$

$$= R z^2 \left(\frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2} \right) = R (z - \sigma_1)^2 \left(\frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2} \right) \text{ч}$$

(переход с n_1 на n_2)

$$R = 109740 \frac{1}{\text{см}}$$

константа
Ридберга

σ_1 - поск. экранирования ядра, тем $\sigma_1 >$

W

Тонкая структура спектральных линий и правило отбора

Энергия ϵ в атоме зависит от главного квант. числа, орбит. квант. числа (l)

$$l \rightarrow 0, \dots, n-1;$$

$l \rightarrow$	0	1	2	3
	s	p	d	f

$$E = Rhc \left[\frac{(Z - \sigma_1)^2}{n^2} - Rhc \frac{L^2 (Z - \sigma_2)^2}{h^4} \right] \frac{n}{j + 1/2} \quad \begin{matrix} -3 \\ 4 \end{matrix}$$

$$L^2 = \frac{2\pi e^2}{hc} = 7,3 \cdot 10^{-33} \quad ; \quad j - \text{внутр. квант. число}$$

σ_2 - постоянн. внутр. экранирование

$$j = l \pm 1/2 > 0$$

$n=2$	$l=0$	$j=1/2$
	$l=1$	$j=3/2$

Разделение серий не фуптон - тонкая структура

Правило отбора

В атоме возможны только те переходы при квант. числе l либо не мен, либо уменьшатся на 1.

Вне возникновения какой-либо линии невозм. чтобы под действием некоего внеш. некое фактора, ϵ могли перейти на

более низкий уровень.

за 1с в вакуумной среде переходят от одного кванта атомов

Трубка с левым анодом ток 15А, 30кВ
у к-оболочки за 1с идет около
вот так $3 \cdot 10^{19}$ ат Fe

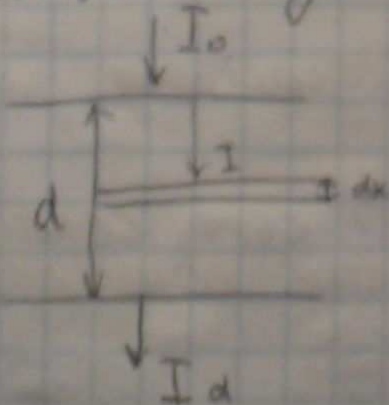
в разных атомах переход у вакуумной
в ствол. порозничку, но некое $L \cdot E$,
но не $M \cdot E$

Вероятность перехода с M на K значительно
меньше вероятности переходов с L на K
лучи M-серии возникнут при меньших
потенциалах, вакуумной.

работами по напряжению $U = 30\%$

Ф. Шенкин, секретарь ^{на заседании} $3 \cdot 10$
лицво ^{судья} 2012

Основная задача размещения p/n



пластина толщиной d

I_0 - интенсивность p/n

$$\frac{I_0 - I_d}{I_0} = f(d)$$

В равных толщинах слоев и т.д.
величина потерь, равная для всех

$$I_0 - I_d = -\Delta I = f(d) I_0$$

$c \uparrow d$, интенсивность \downarrow

поглощенная энергия \sim изменению интенсивности

$$\Delta I = -\mu I_0 d \quad \mu - \text{коэф. пропуск.}$$

по мере удаления от пов-ти \Rightarrow интенс. \downarrow ,

$$dI = -I \mu dx$$

$$\frac{dI}{I} = -\mu dx$$

$$-\int_{I_0}^{I_d} \frac{dI}{I} = \int_0^d \mu dx$$

$$\ln \frac{I_d}{I_0} = -\mu d$$

$$I_d = I_0 e^{-\mu d}$$

основной лог.
поглощения
р/л

μ - нат. логарифм числа, характеризу. уменьш. от мом. I_0/I_1

$$\mu = \ln \frac{I_0}{I_1}$$

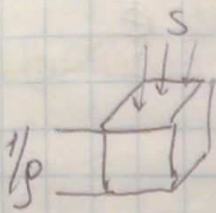
линейный коэф. ослабления
равной лин. коэф. поглощ.
или р/л

$$h = \frac{\ln 2}{\mu} = \frac{0,693}{\mu}$$

$h \propto \mu$

слой, при прохожд. $2/3$ коэф. интенсивность уменьш. вдвое

$$S = \tau a u^2$$



ρ - плотность вещества

$$m = \rho V = \rho \cdot S \cdot h = \rho \cdot \tau a u^2 \cdot h$$

$$\frac{m}{\rho}$$

массовый коэф.
امتزاز
(не зависит от условий)

- 1) крайс. рассеяние р/л
- 2) фотоэффект
- 3) процесс образ. e^- нейтроном

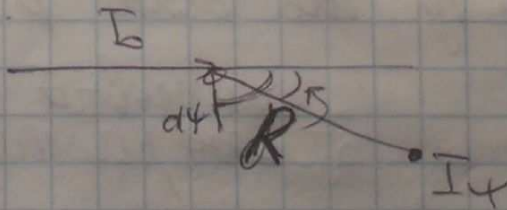
1) Рассеяние

При рассеянии р/л мюон вообще не крайс. трансформирует их энергии, мюон крайс. по известным законам

для мягких р/л - классическое рассеяние

для жестких р/л - явление раитоновского

интенс. р/л, I_ψ
рассеяно
под соот. углом
при



$$I_\psi = \frac{e^4}{m^2 c^4} \frac{1}{R^2} \frac{1 + \cos^2 \psi}{2} I_0 = 3,25 \cdot 10^{-25} \frac{1}{R^2} \cdot (1 + \cos^2 \psi) I_0$$

Маленькая дуга, рассеянных e^-
во всех канр.

$$dW_\psi = I_\psi dS$$

$$W_\psi = \frac{\tau e^4}{m^2 c^4} \int_{\pi}^0 (1 + \cos^2 \psi) d \cos \psi I_0 = \left(\tau \pi e^4 / 3 m^2 c^4 \right) \cdot I_0 = 6,6 \cdot 10^{-25} I_0$$

$$G_{\Sigma} = \frac{W_{\Sigma}}{I_0} = 6,6 \cdot 10^{-25} \text{ см}^2$$

рассеивающая
способность $\bar{\sigma}$
(эффективное сечение)

$G_{\text{ат}}$ рассеивающая
способность атома

Для мелких волн интерференция незначительна,
поэтому ими можно пренебречь и просто Σ

$$G_{\text{ат}} = G_{\Sigma} \cdot Z$$

b - абсол. амплитуда рассеяния лучей

$$G = 4\pi b^2$$

$$b_{\text{ат}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{G}{\pi}} \approx 7,2 \cdot 10^{-3} \text{ см}$$

1/2 потому волны рассеивают примерно
одну и ту же долю р. ат

$\frac{G}{\rho}$ - массовый
коэф. рассеяния

$$Z \approx \frac{A}{2} \quad 1/2 : \frac{N_0}{A}$$

$$\frac{G}{\rho} = \frac{W_{\Sigma}}{I_0} = \frac{N_0}{A} \frac{A}{2} = 6,6 \cdot 10^{-25}$$

$$\approx \frac{6,02 \cdot 10^{23}}{2} \cdot 6,6 \cdot 10^{-25} = 20 \cdot 10^{-2} \approx \underline{\underline{20,2}}$$

Плотность // Массовый коэф. рассеяния молам веществ
 $\approx 0,2$

данные выскоч. откор. к велич. более точно
 более высокому (при $z \approx A/2$).

Для очень мелких λ от 0,2 э

Степень когерентности ↑ с увелич. волн

$$\lambda = 0,8 \text{ \AA}$$

Брегр.

рассеяние	$0 \Rightarrow z = 8$	1,5
	$Fe \Rightarrow z = 26$	5
	$Ag \Rightarrow z = 47$	8

для жестких - направление комптон-эффекта
 (λ может увелич. в неск раз)
 упругие соударения ⇒ ε приобретает энергию,
 а фотоны - теряют

$$\lambda_p - \lambda_0 = \Delta\lambda = \frac{h}{m_0 c} (1 - \cos\psi) = 0,0242 (1 - \cos\psi) \text{ \AA}$$

$$\psi = 180^\circ \quad \Delta\lambda = 0,0484$$

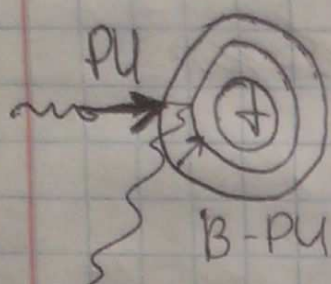
$$\left| \frac{G}{P} \right|_1 = \frac{N_0}{\Lambda} z G_0$$

Если знаем для одного элм., то можем найти
 для другого

$$\left| \frac{G}{P} \right|_2 = \left| \frac{G}{P} \right|_1 \cdot \frac{z_2 A_1}{A_2 z_1}$$

Массовые коэф. жестких р/л очень малы

2) Ионизация под действием Р/Л и фотоэлектрический эффект Вторичной ХРЛ



Под действием ПР/Л возникло Вторичное Р/Л
(Флуоресценция)

Энергия В-РЛ < энергии П-РЛ

Наиб. длина волны первичного пучка, при кот. еще может возникнуть какая-либо серия, наз. граничной длиной возбуждения (λ_{cp})

λ_{cp} выше частоты тех Р/Л

$$\lambda_{cpk} > \lambda_{cpb} > \lambda_{cpl}$$

Если $\lambda_k = \lambda_{cpk}$, то подем. возбуждение граничной серии

$$\lambda_{cp} = \frac{12.4}{\lambda_{cp}}$$

При возбуждении В-РЛ, всегда получается большая потеря первичного излучения

Потери на фотоэффект

для больших

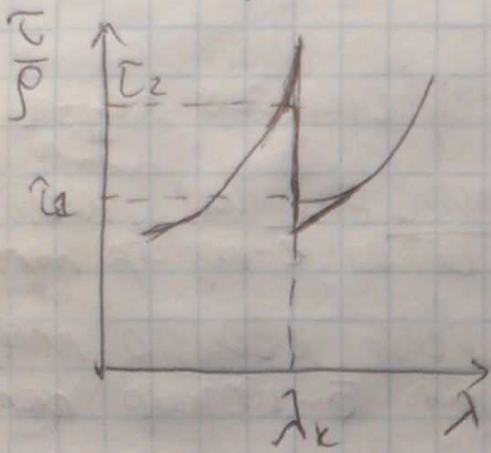
заметьно больше, чем потери на рассеянии

Кэф. потерь на ф/э — истинный коэффициент полезности

$\frac{\tau}{\rho}$ - массовый коэф. ф/э (истинного) поглощения р/и

с увелич. $\lambda \Rightarrow$ увелич. $\frac{\tau}{\rho}$

Однако при некот. λ_k - кривые резко поднимаются



Энергия ушла на В-р/и \Rightarrow резко \uparrow коэф. потерь

Для λ_0 скачок происходит вблизи длины волны К-серии меди

\uparrow К-скачок

$$\frac{\tau_2}{\tau_1} = 6 \div 8 \text{ раз}$$

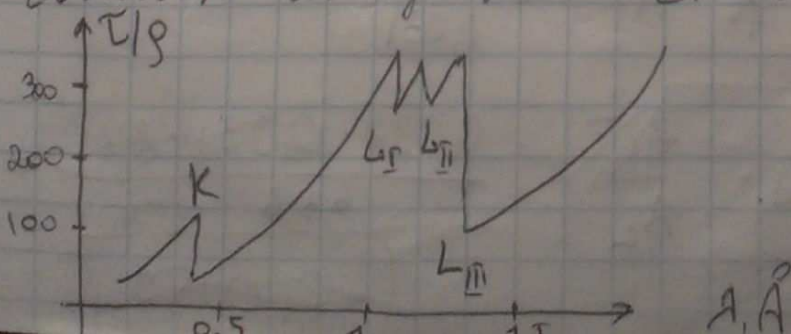
$$\frac{\tau}{\rho} \approx c \lambda^3 z^3 \quad c - \text{const}$$

$$0,1 \text{ \AA} < \lambda < \lambda_{kp}$$

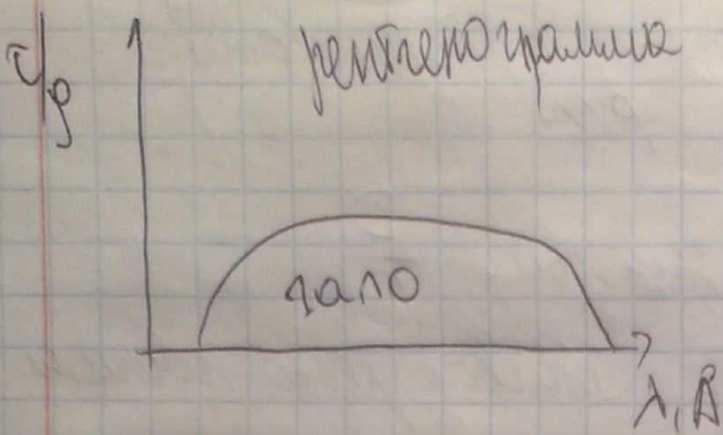
$$\frac{\tau}{\rho} \approx 0,0165 \cdot z^{2,65} \lambda^{2,79}$$

переход от длины р/и и ф/улучения по образцов. способ паре ионов протониз. обитая энергия

единица измерения - [Рентген] $\approx 3,3 \cdot 10^{-10} \text{ Кэ}$



5.10
2012



запо-наличие в
Т.Т. аморфной
состоянии

W

3) Образование e^- -позитронных пар

$E = 2m_0c^2 = 1,02 \text{ МэВ}$ - мин. энергия, необход.
для образ. e^- -позитр. пар

Если с увелич. энергии рентг. кванта, потери
уменьш., то потери на образ. e^- -позитр. пар
увелич.

потери на образ. e^- -позитр. пар

Pb	4	6	10	20	40
$h\nu$ (МэВ)	0,017	0,025	0,037	0,055	0,073
$\frac{x}{\rho}$					

потери на образ. e^- -позитр. пар $\sim \frac{N_0}{A} z^2$

$$\left(\frac{x}{\rho}\right)_x = \left(\frac{x}{\rho}\right)_{Pb} \frac{z_x^2 N_0 A_{Pb}}{z_{Pb}^2 N_0 A_x} = \left(\frac{x}{\rho}\right)_{Pb} \frac{z_x^2}{A_x} \frac{208}{82^2}$$

Pb
 $A = 208$
 $Z = 82$

$$\left(\frac{x}{\rho}\right)_{Cu} = 0,037 \cdot 0,031 \cdot \frac{z_{Cu}^2}{A_{Cu}} = \frac{0,037 \cdot 0,031 \cdot 841}{63,6} = -0,0152$$

$A_{Cu} = 63,6$ $Z = 29$

$$\left[\frac{\Omega}{3} \quad \text{Dne} \quad W \quad \frac{x}{\rho} - ? \right]$$

!!!
000

$$\mu = \sigma + \tau + x$$

Распределение потерь энергии между
рассеянием, ϕ/λ и поглощением
& позитр. пар

✓

τ - осн. роль

для $\lambda = 0,5 \text{ \AA}$ (Al) $Z=13$

 $0,025 \text{ МэВ}$

$$\frac{\sigma}{\rho} = 0,3 ; \quad \frac{\tau}{\rho} = 1,9 ;$$

проц. на Th }

(Au)

$$\frac{\sigma}{\rho} = 2 ; \quad \frac{\tau}{\rho} = 50 ;$$

для Al, вплоть до $W=10 \text{ МэВ}$ - релативную
роль будет иметь рассеяние

а между 10 и 20 - существенно - X

для Fe рассеяние от $0,124 \text{ МэВ} - 10 \text{ МэВ}$

для Pb рассеяние от $0,6 \text{ до } 5 \text{ МэВ}$

W

Потери в сложных ветвях
 - простое аддитивное правило

$A \times B \gamma$

$$\frac{M}{\rho} = \sum_i \left(\frac{M}{\rho} \right)_i$$

Вводите эффективный коэф. ослабления
 кот. свет. волны $\lambda_{\text{эф}}$

$\lambda_{\text{эф}} = 1,35 \lambda_{\text{мб}}$
 λ_0

по мере уменьшения $\lambda_{\text{эф}} \rightarrow \lambda_0$

Задача:

Определить коэф. ослабления ρ/λ с энергией

0,1	1	5	10	$\Leftarrow \text{н} / \text{МэВ}$ $\Leftarrow \lambda / \text{нм}$ (х-лучи) $1000 \text{ х-лучи} = 1 \text{ нм}$
124	12,4	2,48	1,24	

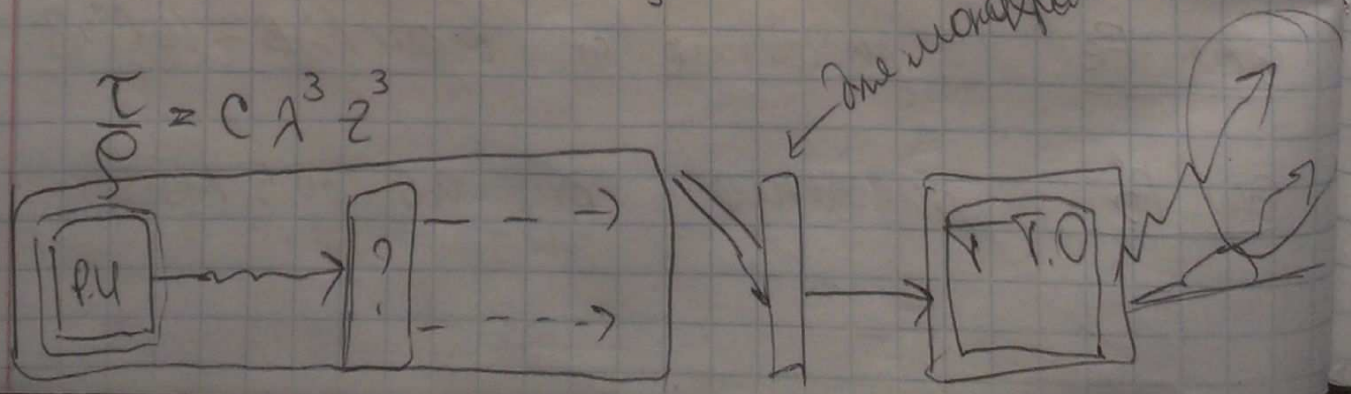
$Z=32$
 $\text{Ge: } A=73$
 $\rho = 5,32 \text{ г/см}^3$

1) τ - ?

$C_{\text{и}}: \lambda = 0,12 \text{ нм} \quad \frac{\tau}{\rho} = 0,3$

$$\frac{\tau}{\rho} = C \lambda^3 Z^3$$

реакция аннигиляции



$$1) \left(\frac{\bar{E}}{\bar{P}}\right)_{0,124} = \left(\frac{\bar{E}}{\bar{P}}\right)_{0,12} \left(\frac{32}{29}\right)^3 \left(\frac{0,124}{0,12}\right)^3 = \underline{0,44} \quad \begin{matrix} 1010 \\ 2012 \end{matrix}$$

Омк 1 МэВ = $0,44 \cdot 10^{-3}$

2) потери по рассеянию

$$\left(\frac{\bar{G}}{\bar{P}}\right)_x = \left(\frac{\bar{G}}{\bar{P}}\right)_{Pb} \frac{Z_x A}{A_x Z} = \left(\frac{\bar{G}}{\bar{P}}\right)_{Pb} \frac{32 \cdot 208}{208 \cdot 2} = \left(\frac{\bar{G}}{\bar{P}}\right)_{Pb} \cdot 1,08$$

Омк Pb
Z = 82
A = 208

$$\left(\frac{\bar{G}}{\bar{P}}\right)_{Pb} = 0,12 \cdot 0,051 \cdot 0,002 \cdot 0,012$$

$$\left(\frac{\bar{G}}{\bar{P}}\right)_{Ge} = 0,13; 0,056; 0,022; 0,013$$

3) потери по обрат. β-режиму под

$$\left(\frac{\bar{X}}{\bar{P}}\right) = 0, 0;$$

$$\left(\frac{\bar{X}}{\bar{P}}\right)_x = 0,031 \left(\frac{\bar{X}}{\bar{P}}\right)_{Pb} \frac{Z_x^2}{A_x}$$

$$\left(\frac{\bar{X}}{\bar{P}}\right)_{G_{15}} = 0,031 \cdot 0,02 \cdot \frac{32^2}{13} = \underline{0,099} \quad (5 \text{ МэВ})$$

$$10 = 0,031 \cdot 0,037 \cdot \frac{32^2}{13} = \underline{0,022} \quad (10 \text{ МэВ})$$

Ge

A	0,124A	0,0124	0,0248	0,00124
E	0,1	1	5	10
τ/p	0,44	0	0	0
G/p	0,13	0,056	0,022	0,013
α/p	0	0	0,009	0,022
μ/p	0,57	0,056	0,031	0,035
μ	3,03	0,3	0,17	0,19

Q/3

1) Рассчитать толщину Al фольги, при прохождении γ кат. K_{α} -лучи Fe, ослабление в 10 раз больше, чем K_{α} -лучи Mo

2) Вычислить коэф. ослабления K_{α} -лучей для V, Cu, W в стали X18H10T

W

Раздел 3 Источники рентгеновских лучей

W Рентгеновские трубки

Рентген. трубки спец. устр-во для получения р/л. В кат. вращаются р/л вследствие торможения быстро летящих лучей e с катода анода

1) Торможение свободных e

- 2) Сообщить кинет. энергию от 1000 МэВ до КэВ
- 3) обеспечение вакуод-ие е сатлами аноде

Признаки ^{классификации} Р/Т

1) по способу получения свод. е
 - ионное (холодный катод бомбардируется ионами)

- электронное (термоэлектрон. эмиссия)

2) по способу создания и подерж. ^{вакуума} ~~вакуума~~

- запаянное (вак. севд при изготовл. трубки)

- разорное (разм. подкит. к настаетно) (сетель. вак. системе)

3) по назначению

- для просвечивания матер.

- для структурного анализа

- в медик. целях

4) по величине площади фокуса

- нормальное (6-7 мм²)

- острофокусное (10⁻² - 10⁻³ мм²)

Р/Т - стекл. баллон, в кот. введено 2 электрода - катод и анод

катод - из W-проволоки (голице всего)
 анод - из Cu

В вакууме создается вакуум $\sim 10^{-5} - 10^{-7}$ мм рт.ст.
 вакуум освещив. тепловую и хим. энергией
 анода, а также возникновение газовой
 разрядки

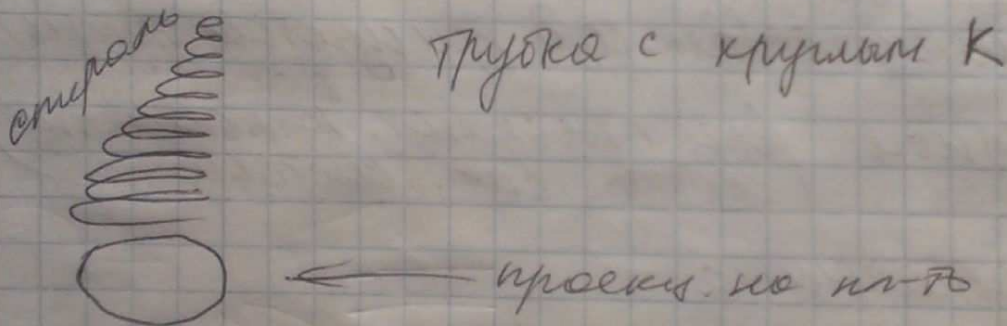
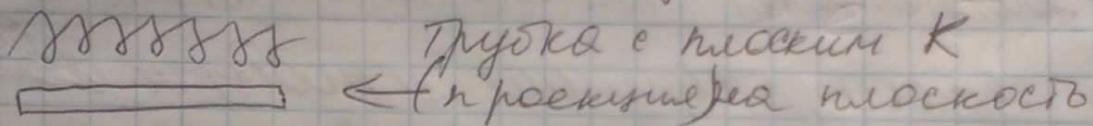
K-катод
 А-анод

Анод нагрев. до 2200°C

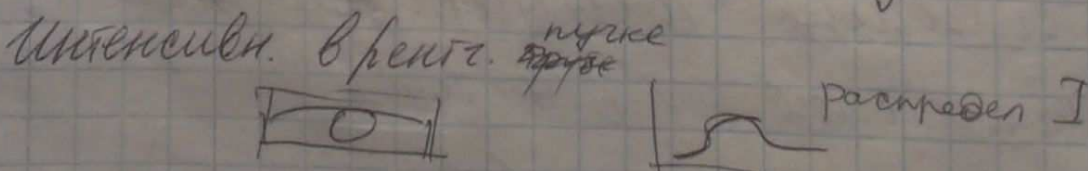
Создают между K и A - напряжение

Чаще всего р/л охлажда. водой, реже маслом

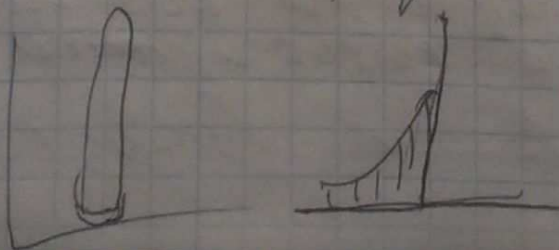
Окна для ввода р/л

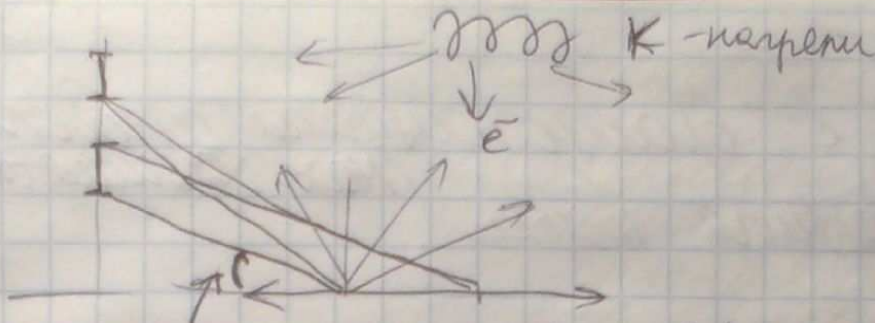


Зеркало анода - тот материал, откуда
 мы получаем КРИ



лучейной фокус лучше круглого





углы выхода р/и в реальных трубках = 4-5°

чтоб собрать \bar{e} , р/и все в кучу используют
 соп. электродом - фокусирующий цилиндр
 (цилиндр Венельта)

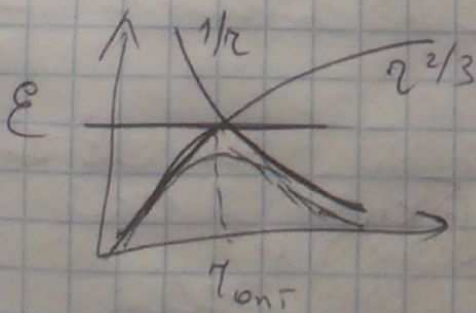
Энергия \bar{e} в пучке

✓

2 барьера в сборании оптич. электр. пучка
 - электронного
 - тепловат

Есть фокус с задан радиусом r , то не
 петля можно сфокусир пучок \bar{e} с $\epsilon \sim \frac{V}{\gamma}^{2/3}$

с ростом площади петли \rightarrow пучок ↑



Д. diam. фокуса ~ Градиент образцы

Разборное трубки

✓

Разб. трубки вакуум создается депозит.
 подкачанной вак. системой

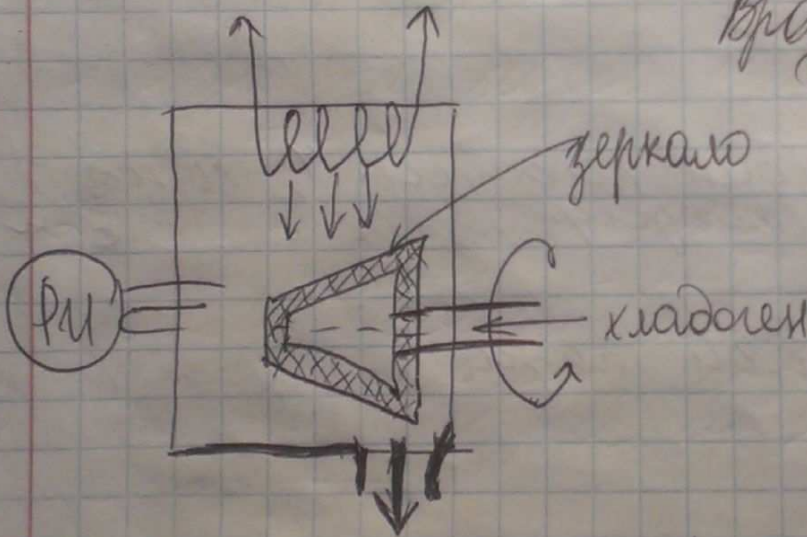
17.10.
2012

2 типа:

- 1) - трубка с вращающимся анодом (max большая температура)
- 2) - острофокусные трубки

① Мягкий облучение подки к вакуум системе раскано-
валом какой-то, катод, какой-то анод
это делаем в виде полого усечен-
ного конуса, в этот конус вводятся
и выводится элемент и может
вращаться вокруг своей ос. Есть
охлаждение там выходы р/ч. Трием
катода, катод испуск! β , γ , ϵ попер.
на стенку, где есть зеркало.

вращае анод, охла-
дам нарев. отл.



② ~~узкофокусные~~ острофокусные трубки

$\frac{1}{3}$ \Rightarrow принцип отвода

острофок. трубки позволяют получить
отпегаток $\approx 0,01 \text{ мм}^2$ рентгеновского тельца

Грамматическое рентгеновское трубки

W

Испыт. Оме: - мисс чашей
- крайнит. микро-рентгено-
спектральная дефектоскопия
- рентгено-структурной анализу

Обозначение: буквы и цифры

Цифра - обозн. предельно допустимую
мощность в кВт

1ая буква - тип защиты от р/л

Р - с защитой от р/л

Б - без защиты в защитном кожухе
нет первой буквы - нет защиты

2ая буква - назначение трубки

В - ^{Оме} диагностики

Т - Оме терапии

П - правобочными материалам

С - трубка Оме структурного анализа

Х - Оме спектрального анализа

3я буква - смазочные трубки (то не)

К - вакуумная радиотермическая смазка

М - масляная смазочные

В - вакуумная смазочные

отсут. 3ей буквы - нет смазочные

- вакуумная смазочные

Цифра 2 - номер типа трубки в данной
группе

Цифра 3 - предельно допуст. мощность напрот. в кВт

толстые маркерские трубки в расклате
а не детали - сокращенная маркеро-
ка

Палма: 0,4 БПМ-2-120

0,2 БСВ-3-С₂

III-77 - третий квартал 1977 г. - выпуск

вместо напряжения материал зеркала анода

БСВЧ - ионизационная

W § Причины аварийности рентгеновских трубок

- 1) перегрузка катодов, возникает, когда на-
рушим катод выше допустимого
- 2) работа при чрезмерных напряжениях
сопровождается электр. пробоем - нару-
шение уровня вакуума в трубке
электр. пробой и/или пом. в мент
помех, или повышенной влажностью
воздуха
- 3) перегрузка трубки - теоретич. теплоотвод
с анода, его расклат по зеркалу
- 4) недостаточное охлаждение анода
(контроль воды и поток, делать радиат. охлажд.)
- 5) возникновение Met налета на стекле
(после 300-400 ч работы) - возникает только
при норм. напряжении
- 6) падение интенсивности излучения
со временем / все разрушается - износа

7) нарушения распределения рентг. излуч.
луча во времени

24.10.
2012
✓

Регистрация рентгеновских лучей

Сущ. методов с пом. кот. можно
достоверно убедиться в том, что р/и существ.
уют

Визуально измерим непосредственно
(атомный метр)

Те величины, кот. можно измерить непосредст-
венно — экстенсивные величины

При измерении термометр-мерами
разность потенциалов

Те величины кот. не могут быть из-
мерены непосредственно — интенсивные
величины

Сущ. 4 способа регистрации р/и:

- 1) ионизационный
- 2) фотографический
- 3) электрофотографический
- 4) люминесцентный

1) путь с очень точного измерить
не больших площадей

2) (фотография) пленка

3) — бумага

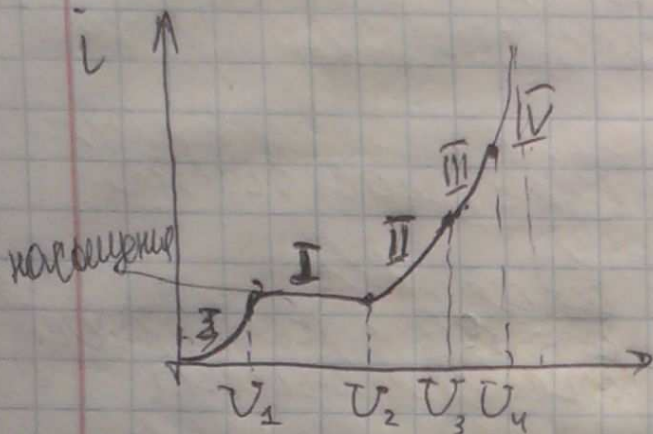
4) свечение некоем светом под действием р/и

линейно-координатный способ не дает колич. оценки.

W

① Ионизационный способ регистрации р/л

В основе метода — лежит способность р/л ионизировать вещество



Вакуум-амперная характеристика

- ① $U_1 - U_2$ — область насыщения
- ② $U_2 - U_3$ — область газового усиления
- ③ $U_3 - U_4$ — об. пропорц.
- ④ $U_4 +$ — об. равных импульсов

В об. I — работает ионизационная камера

в об. II работает пропорц. счетчик;

в об. IV работает газоразрядный счетчик, коэффициент пропорц. $\sim 10^2 - 10^3$ в об. II.

по своей сути все устройства, используемые для ионизации — счетчики квантов. Они делятся на несколько групп?

1) полевые
 2) координатные } A

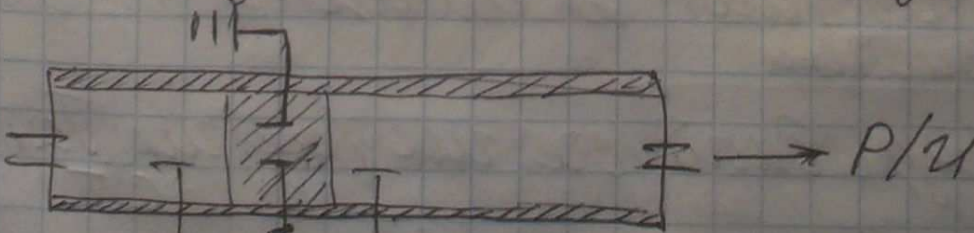
1) - каждый канал, попавший в объектив
 дает шипы и все шипы
 перемещаются вместе
 все каналы регистрируются одновременно
 окно сетки невелико - его проследит
 перемещ. в пр-ве

2) - не только зафиксировал интенсивность,
 но и скачал в каждую точку
 окно он попал

Б) 1) нагрываемое
 2) твердотельное

Устройство конкретных сетки

1) Монитор-камера - работает в режиме
 насыщения
 - мет цилиндр, в боковой
 поверхности цилиндра делаются
 отверстия для ввода выхода
 р/л. цилиндр как колесо вазом.
 есть электроды подки. к сетке (сверху)
 3 электрода - один измерительный
 (служит конденсатором для ионов)
 и два защитных.
 Проникаем р/л 1/3 трубку и
 измерим ток ионизации



Трубка р/л может регулировать размером

входного окна

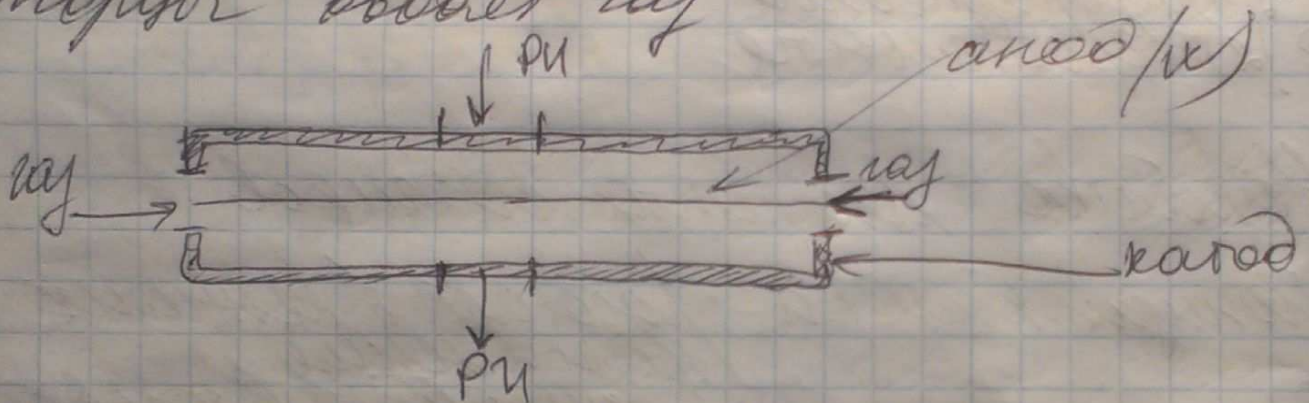
Размер, кот. решетка $\approx 30-40$ см в диаметре
 $P_{\text{пл}} \approx 50-250$ кВт

Токи, кот. мерцает $\approx 10^{-10} - 10^{-14}$ А

✓ ② В атом. II разор. пропорц. сетчатке, работ. в режиме газового усиления

В сетчатке вращается шипульса, пропорц. энергии свечения, кот. туда попал.

Чтобы коэф. усиление мало зависел от места первичной ионизации делаются окошки на боковой поверхности-т.ч., а 1/3 торцов вводит газ



с пом. таких сетчаток удалось зафиксир. сверхширокое излучение K_{α} - линия Вг ≈ 416 А

Числовое (пропорц.) сетчатке зависит от амплитуды волны, кот. туда попало

1) Можно отсекать шипульсы, интересующих нас энергий хорошо работают, не ломаются коронки характеристика

✓ ③ Газоразрядной сетчатке (сетчатка Тейгера) СТ
Обр. равных шипульсов - процесс
Коронки несколько [ЭВ] попали - больше

импульсов бошакотн

в СТ испале. Гемной на
чрор увидеть след. впошку. надо
показать разред

Немалыми / добавки / органические
такими / бывают / неорганические

в качестве добавок использ. галогены
и спиртового средин.
от составных добавки зависит фазовое
сеггико

Параметры сеггиков

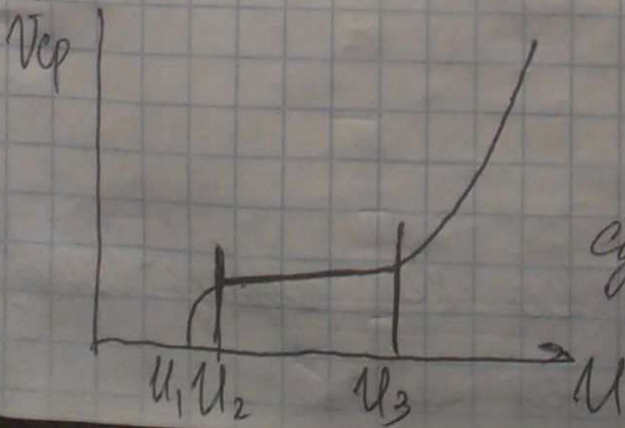
✓

1) Эффективность — покаж. какие доли
квантов, показан. в
окошко квантов — регистрируется
(60-70%) иногда 90%

2) Мертвое время
— время, в течение кот. не вост. ни
зарядитр. вновь показанный на сеггик
квант.

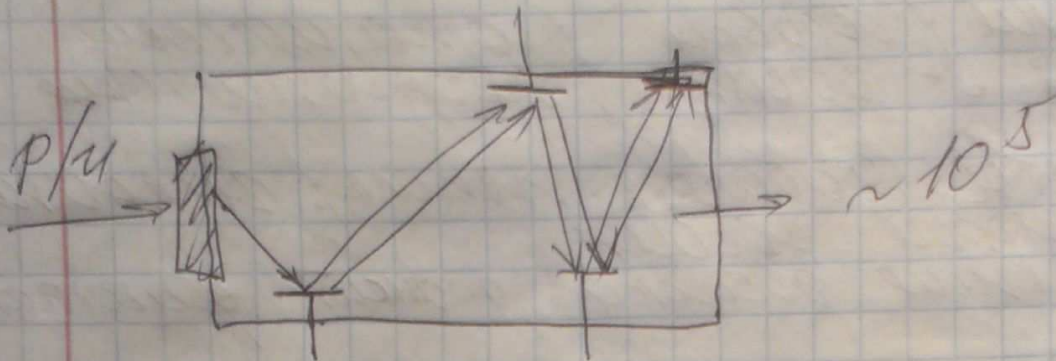
За лет. на нашем Мертвое время, 500 ^{мкс} /
погрешность составл. ~ 15%
150-300 мкс

3) Стабильность —
в сеггиках число считанных или
зависит от приложенного напряжения

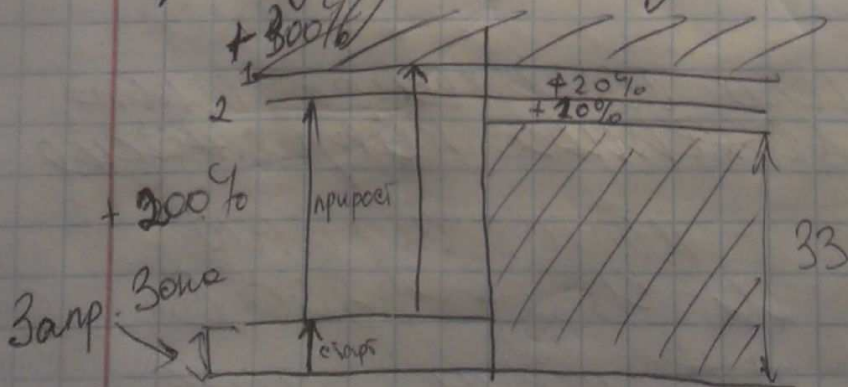


Кори. ширине
 $U_1 - U_3 \sim 300 В$
Со временем тата
сужается и стабильность
керики.
при востан. ~ 50В =
вбрасывали сеггик

Твердотельный сетчик - суммирующий сетчик
 В су. сетчике электроны покрываются
биполом



- 1) Сетчик должен иметь высокое сопротивление, чтоб собрать заряд, иначе ток не сообразит.
- 2) Время жизни должно быть большим, эффективность зависит от времени жизни.
- 3) Заряд должен быть меньше, тем сильнее понижается мертвое время.
- 4) Материал сетчика имеет минимальную запрещенную зону.



5) Материал запрещенной зоны только то запрещенный материал сетчика должен иметь

Замечание 1

5.11.
2012

Счетчик нах под действием пост.
характ. излучения. Получаемые фотоны
фиксируются по времени. За время N
регистрации фотоны детектором,
частотное шир. во времени распред.
случайно, значит есть флуктуации
этих значений. Средние флуктуации
квадр. корень. \sqrt{N}
относится флукт. \rightarrow

$$\frac{\sqrt{N}}{N} = \frac{1}{\sqrt{N}} \quad \text{Точность измерения}$$

Чтобы получить 10% точность, надо брать
100 импульсов

Замечание 2

не важно, но при регистрации малых и
сверхмалых интенсивностей следов.
учитывать фоновую погрешность:
- естественный радиационный фон
- космический фон (~ 40 событий)

2) Фотографический метод регистрации β/α

В основе лежит способность возбуждать
фотохим. реакции

1) Простое и технологическое Требование

2) Должна существовать воспроизводимая, простая
зависимость между количеством β/α
и количеством фотохим. реакции

3) Четко и легко измерять количество фотохим. реакции

AgBr - брaншо серебра

AgBr (AgI)

Ане рeшeтp pH пpимeняют cпeц. фoтoгpаф. pентгeнoвeкиe плeнки.

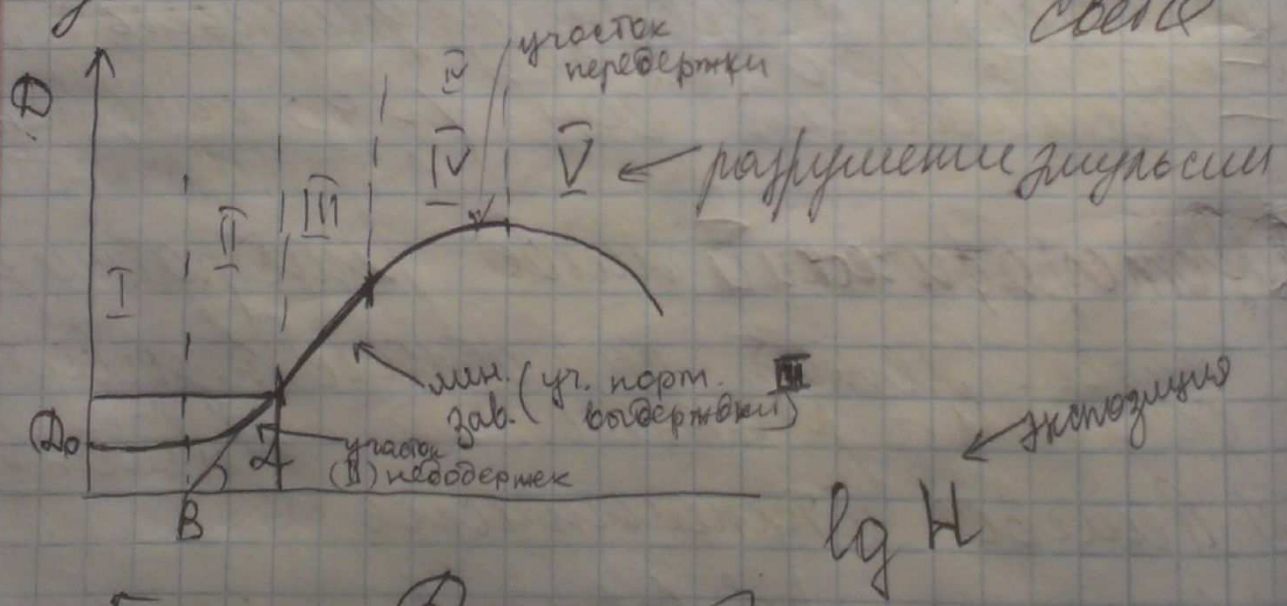
- Отличие рентген. от фотоплаф в том
- 1) это на рентген. пленке - 2 слоя, один фотоземельсенсибилизированный, а другой - замкнутый слой.
 - 2) колво светочувств. веществ в эмульсии рент. лучей знач. больше, чем в фотоплаф.

В лучших пленках 30% брaншоe пoдoстaтoчeк лyчeй мaтeриaлoм плeнки

$\sim 1,1 \text{ \AA} \rightarrow 30\%$

$\sim 0,4 \text{ \AA} \rightarrow 1\%$

Изменение свойств пленки под действием света



[степень потемнения] = колво квантов кол. возм. искажение кр. искажение слоев, там больше колво квантов. искаженная эмульсия остается на пленке

Качество снимков на лабо неважных атомов выигрывает от прозрачности пленки

② (степень погертенши) зависи от к-та
D меряется микрофотометром, проводящие
Уз пленку и подающие, а $D = \frac{I_0}{I}$

Станд. прозрачность стекле 75-80%

$D = \lg \frac{I_0}{I}$ $\frac{I_0}{I} = 0$ - непрозрачность
↑ не ноль, а 0.

$D = \lg 0$

Непрозрачность рентг. снимка от $1.5 \cdot 10^6$

$D = c I t^n$
" время экспозиции

сенсиграммы - кривая, характ. восприятия пленки.

$\lg L$ - характеризует степень контрастности пленки

коэф. контрастности для р/л 2.5-4.5

③ Электрофотографический метод р/л

Объект, на кот. воздействует Р/л

как ксерокс, только лучи - рентген. лучами.

W ④ Машинесцентный метод регистрации
р/л

— индикаторный метод для обнаружения, не дает точных характеристик спектра р/л

Машинофоры в вакуум светятся при ~~вакуум~~ подавании р/л

Машинофоры бывают:

1) желто-зеленые $ZnS + CdS$
может варьироваться как в ^{составе} сульфиде

Состав подбирают такой, чтобы было нормальное видимое свечение.

Мак. излучен. макс 550 нм ^{← зеленый}
(50% ZnS + 50% CdS)

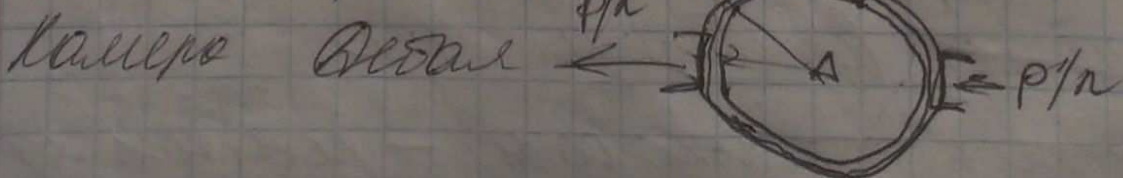
Использ. для

повст. машинку у И-3 машин. не рентаб. трудно, если наибольшее белое пятно

2) синие фиолетовые

$CaWO_4$ вольфрамат кальция

делают спец. увелич. экраны для усил. р/л



W

8 Франшизные детекторы

Вопросы характеристики

1) Фотограф. эмульсия

Нижний предел регистрир. интенс.: 10000 кв/мм^2
Верхний предел: 10^9 кв/мм^2

Эффективность: K_x -линии M_0 - 20%
 K_x -линии C_n - 100%

2) Иониз. камера

min - 200 кв/мм
max - нет

эффект. до 80% по всей чувствительной
стабильность - средняя

Заменяется слайдами Тейгера

3) Слайд Тейгера $10 \text{ кв/мм} \div 50 \cdot 10^3 \text{ кв/мм}$

4) Проприон. слайд 5 кв/мм до 200 тыс кв/мм

5) ТТ, сцинтиля. слайд 5 кв/мм

линейность до 200 тыс кв/мм

эффект - 70% M_0 чув.

Вопросы чувствительности и ее измерения - З.Н.
мурашев 2012

W

Ударные волны
 граница раздела



$\lambda_{ср} = 1 \text{ \AA}$
 2 фазы $0,9 \text{ \AA}$ и $1,1 \text{ \AA}$

при удлинении $0,9$ потери энергии

при котором ~~меньше~~ больше
 во время той, которая меньше полн
 $\lambda_{удл} > \lambda_{ср}$

сталь 20
 диаметр - $0,27 \text{ м}$ (0,27 м)
 сталь 17-024
 сталь 03/0С (0,14-0,12)
 Fe_2C
 110 12

$2d \sin \theta = n \lambda$

Розенберг-Френкель

1) Показатель преломления n зависит от длины волны
 Показатель преломления n зависит от длины волны
 Показатель преломления n зависит от длины волны
 $\lambda_{ср} < \lambda_{ср} < \lambda_{удл}$. Это свойство называется дисперсией

Показатель преломления

		n_d	n_B	$n(\lambda)$
60%	Cu (29)	$1,54 \text{ \AA}$	$1,39 \text{ \AA}$	1
5%	Cr (24)	$2,29 \text{ \AA}$	$2,08 \text{ \AA}$	V (23) 2,2

Fe(26)	$k_{21} A$ 1,93	$k_{p, A}$ 1,75		Mn ₂ O ₃ (25)	k_{kp} 6,89	k_{100} 61
--------	--------------------	--------------------	--	-------------------------------------	------------------	-----------------

если две C_2 вольеры мастику из Ni-
 мастиковой ~~23~~ мастику так, чтобы
 вольеры ~~23~~ мастику так, чтобы
 $I_p : I_x = 1:500$

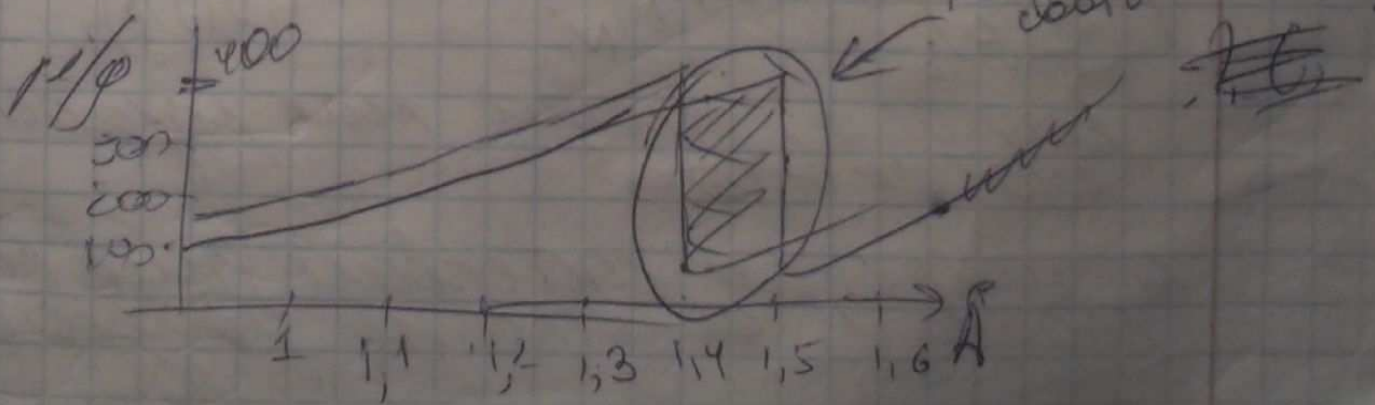
две вольеры V_{200} C_2 - 17 мкм
 Mn₂O₃ - толщина 42 мкм

толщина мастики - полагать, высота р. мастики

Уточнить: минимальное, и наоборот
 самое короткое время. и т.д. если есть
 детали для фактора, который вышена
 по разнице, ~~мастик~~ мастик.

Самостоятельное решение (СФ) W
 (СФ) полагая самое ли фактор, 2-р фактор

были расис. C_2 - мастика. для
 мастик из Ni, а другая - из Co
 Хорак. полагать Ni - Co мастика



$$\lambda_{\text{Co}}(C_0) = 1.608$$

$$\lambda_{\text{Ni}}(N_i) = 1.488$$

внутри интервала: $\frac{\mu(C_0)}{\mu(N_i)} = \frac{p}{q}$

C_0 означает $C_0 - p\mu$ в ϵ раз сильнее
или N_i

А за интервалом $\frac{\mu(C_0)}{\mu(N_i)} \approx 0.9$

Взять и сделать матрицу, и вот если
идея найти точку, то не сд. работ
найти массу $\mu(C_0) = 1, \mu(N_i) = 0.9$

Взять $p\mu$, ставим μ и p , а потом
дойдем до p и p и p и p и p
интервалности

p - масса полученная буква

$$\frac{\partial \ln L}{\partial p} = 0$$

$$p = \frac{1}{\left(\frac{N}{p}\right) - 0.9 \left(\frac{N}{p}\right)_{N_i}} \cdot \ln \frac{\left(\frac{N}{p}\right)}{0.9 \left(\frac{N}{p}\right)_{N_i}}$$

поэтому условие макс разности
интервалности

в широком интервале p и p
сбалансированы p и p

Кристаллы монохроматора (КрМХ)
 (КрМХ) — кристалл, к-ый, монохромат. λ
 p/n

Чаще всего магнитно-высокочастотная
 частота гуденит

Можно заметить меньше, чем
 при использовании в СФ.

Отражение лучей с разной п-ть
 равномерно

Есть п-ть, на к-ой очень сильно отраж.
 p/n

Знаки α и β , когда знаменатель кристалл
 установим кристалл к п-ти p/n,
 тогда его отражающая п-ть распо-
 ложилась к-ой углом, удовлетворя-
 ющий Б-р



Можно заметить монохроматическое
 разделение от его участка,
 его лучей

Нет свойства...
 Вид. Миллер
 а
 Миллер, решетка угл.

Красное монохроматическое с кар-красной
- спектр частот $\frac{\Delta \lambda}{\lambda}$

Я думаю важно, середине отрезка на
пике интенсивности (наименьшая не
так несимметрична)

Особенности. способность - белого цвета,
(характеру, какой более ярким при рассе-
ивании вблизи одного из полюсов Max
интенсивная линия - прощадь под
пиком под пиком)

Угол ширине \sim ширине ширине
то угол ширине \sim ширине ширине
должно быть больше ширине
возможности

Конт. спектр. разреш. волна
монохроматическая яркая для
к-л-т (111), ширина =
в (угловых сек)

Красное

графит ширина $0,52 (730)$

графит не для монохромат.
Матер. крист.

LiO (11-16) [2.00] $10^{\circ} 11'$
SiO₂ (1.0, 1) $6^{\circ} 5'$

Si (1,1,1) 6,30'

графит (0,0,2) 6°

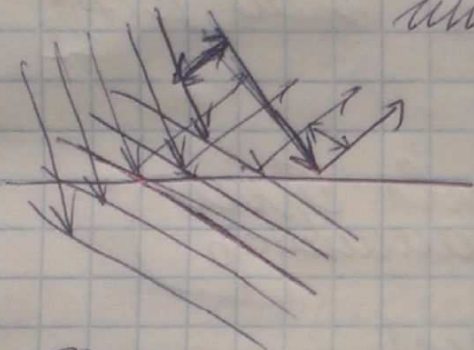
~~состав~~

Ровни. интенсивности кристаллов
монокристал

14.11.
2012

концентрирование монокристалора

крист. монокр - атомная литье. от кот наша
интенсивное отражение



LiF / стогим под 15°
то при K_{α} -изл. Си,
получим рост интенс.
в 1,5 раза

Фокусирующие монокристал - установка,
кот позволяет получить луч, кот
приходит в одну точку

Бывают 2х типов:

- 1) по Моганну (изгибание кристалла)
- 2) по Могансену



R = 2r
R = 3r

сложн под (22)
сложн а выложн (2)
под другим

Маркировка статей

Сталь-Стелав Fe с C до 2,14%

Стали классифиц.

1) по хим составу (Fe, C, легирующ. вредное)

- углеродистые / малоуглерод до 0,2%
 / среднеуглер до 0,2 до 0,6%
 / высокоуглерод свыше 0,6%

- легированные / никелемр. \leq до 2,5% (до 4%)
 (по коэф. легр.) / средне легр $\leq 25(4)$ до 10(11)
 / высоко легр свыше 10(11)%
 (добавоч)

2) по назначению

- конструкционные (для изготовления деталей машин и аппаратов)

- инструментальные (режущие)

- с особыми физ. свойствами / суперинвары Ni, Co, Fe

- с особыми хим. свойствами (кисл., стали, жаростойк., кисл., жаропрочные)

3) по качеству; (в зав. ти от содержания ^{вредных примесей} S и P)

- обыкновенное (до 0,06% S; 0,07% P)

Ст (маркировка)

- качественное (0,035% S; 0,035% P)

Сталь

- высококачест (до 0,025% S; 0,025% P)

--- А

? какие марки?
 ответные Ма?

- осово высококачественные
--- М (100 0,025% Р 0,015% S)

- 4) степень раскисления (насколько хорошо
можно убрать O)
- спокойное (полн. раскислено)
(...фсп) либо не обозн
 - кипящее (слабо раскисл)
(...кп)
 - полуспокойное (среднее)
(...пн)

Величины обозначения качества

- А) по мех не ставится
- Б) по хим ставится
- В) по мех/хим ставится

1 цифра (06) — номер марки, содержит углерода в стали
2 цифра — номер категории (от 1 до 6)
длина осн. мех. свеса и
первая цифра не хим.

Г
Г
Г
СТ
Г

в обозначении Р — номера содержит Mn

Ст4Ркп2

А, обычная сталь, карбоцимер кован.
по свбам

① легированные

Сист. система букв обознач. элем.

38X2H5MA

черные и цветные / разные буквы
Al - 10 ↓ X18H05T (Fe Cr Al) + Ti

Al - A

зери V - Ф, чб - ВАН

Gl - ГЛ чб - ГЛ

Si - ~~С~~ C чб - Кр

Сu - Д чб - М

1,2 цифра - содержит углерода в ~~100~~ сотых долях %
индекс - содержит $C \sim 1$

38 - 0,38 C

X - каким элем. легирована сталь

Z - содержит в %

масл А - высококач

М - Молибден

шк - подшипниковой стали

P - ^{защита} релаксация

R18 - быстрорежущая сталь
↳ 18% W

У - содержит углерода в 10 сотых процентах.

(Взаимодействие р/и с законами)

28.11.2019
✓

Основные уравнения дифракции рентгеновских лучей

Обратная решетка

Обр. реш - связанная с кристаллом, пространственная, точечная решетка, обладающая свойствами:

- вектор \vec{r}^* , соединяющий сосед. узлы с модом Фурье узла \perp с одной из атомных п/л той же п/л по модулю - велич. обр. межплоскостн. расстоянию, умнож. на n

$\vec{r}^* \perp \text{ат. п/л}$

$$|\vec{r}^*| = \frac{n}{d}$$

$\vec{r} \rightarrow \vec{a}^*, \vec{b}^*, \vec{c}^*$

$$\vec{a}^* = \frac{[\vec{b}^* \times \vec{c}^*]}{(\vec{a} \cdot [\vec{b} \times \vec{c}])} \quad \vec{b}^* = \frac{[\vec{a} \times \vec{c}]}{(b \cdot [a, c])} \quad \vec{c}^* = \frac{[\vec{a}, \vec{b}]}{(c \cdot [a, b])}$$

$\vec{a}^* \vec{b} = \frac{1}{(a \cdot [b, c])} \circ \quad \} \text{осн. обратн. реш.}$

$\vec{a}^* \vec{a} = 1$

$$|\vec{a}^*| = \frac{1}{|a|}$$

Иногда вектор обр реш.

$$\vec{r}_{hkl}^* = (H\vec{a}^* + K\vec{b}^* + L\vec{c}^*)$$

} у Ашикарста
() 2π

\perp н-н (hkl) основной решетки, при этом

$$h = \frac{H}{n}; \quad k = \frac{K}{n}; \quad l = \frac{L}{n}$$

$$\vec{r}_{hkl}^* = \frac{n}{|d|_{hkl}}$$

Задача Найти зам. решетку обр реш. для ромбоэдрического кристалла.

Воткое время обратную решетку?

Взять и придумать

Основное условие

Рассеяние условия дифракции волн рассеянных электронами атомов. Предположим:

- все атомы неподвижны
- все e^- принадлежат атомам находящихся в одной узле
- падающие r/λ строго // и монохроматичны
- положение в кристалле существует
- идеальный кристалл
- размер крист. малы, но сравн. с r расс.
- от точки падать
- в дифракции волны не взаимодействуют с пад. волной



$$\cos \varphi = \frac{d_0}{d} \quad \text{угол над}$$

$$\cos \varphi_2 = \frac{d}{d_0}$$

\vec{s}_0, \vec{s}_1 - векторы рас. и холд.
 both vectors in same plane

Определим разность кодов путей

$$\vec{a} \cdot \vec{d} - \vec{a} \cdot \vec{d}_0 = \vec{a} \cdot (\vec{d} - \vec{d}_0) = \vec{a} \cdot (\vec{s}_1' - \vec{s}_1) =$$

$$\boxed{\vec{a} \cdot (\vec{s}_1' - \vec{s}_1) = n\lambda}$$

Δl - разность кодов (опт. путь)

$$\boxed{\Delta \varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta l}$$

разность кода = разн. фаз

f - длина рассеяния от одного атома

\downarrow
 $n f$

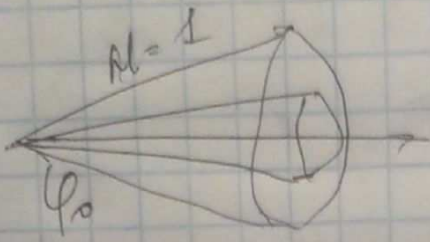
$$\boxed{I = [n^2 f^2]} \quad \text{- интенсивность}$$

число атомов в объеме, которое рассеивает (*)

$$L = d_0 + \frac{n \lambda}{a}$$

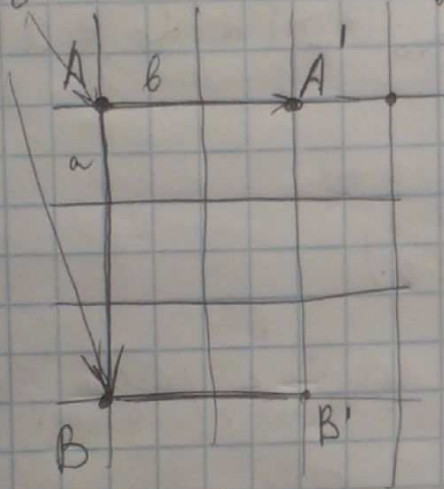
Улучшение рассеив. во всех напр. для кри-
 сталлов - сокращение и совершенствование модели

Все возможные пары точек



cos, где кон. совп. напр. над углом - кон. нулевым.

Рассм. атомную м-ть



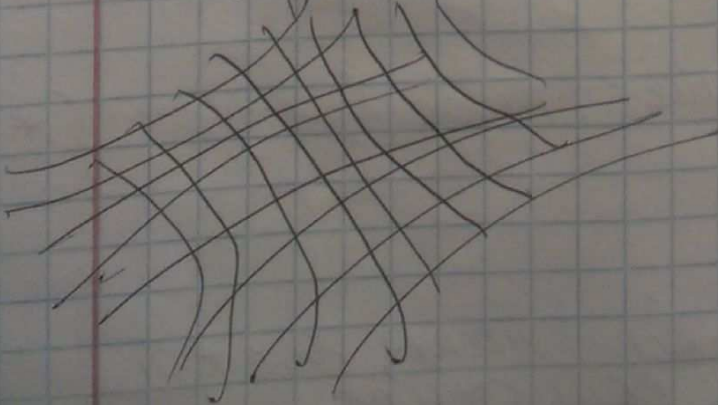
Интервалы точек A и B'

Рассм. усл-ие интервалов AB и A'B'

Для плоскости

$$\begin{cases} a(d-d_0) = K\lambda \\ b(b-b_0) = K\lambda \end{cases}$$

пересек 2х мн-в интервал



В трехмерном пространстве

$$\begin{cases} a(\alpha - \alpha_0) = H\lambda \\ b(\beta - \beta_0) = K\lambda \\ c(\gamma - \gamma_0) = L\lambda \end{cases}$$

реш. этих уравн. дает

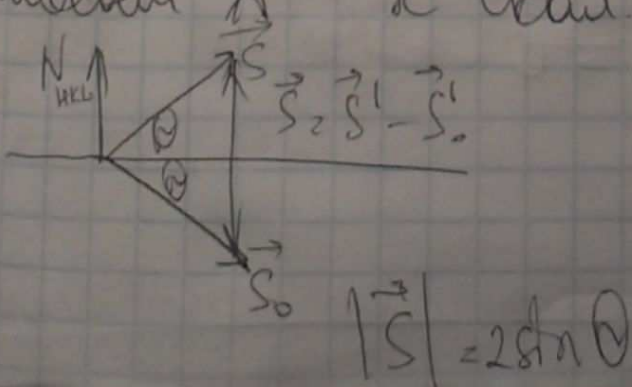
$$\begin{cases} \vec{a} \cdot \vec{S} = a(\alpha - \alpha_0) = H\lambda \\ \vec{b} \cdot \vec{S} = b(\beta - \beta_0) = K\lambda \\ \vec{c} \cdot \vec{S} = c(\gamma - \gamma_0) = L\lambda \end{cases} \left\{ \begin{array}{l} \vec{S} = \vec{S}' - \vec{S}_0 \\ \text{уравн. Лауэ} \end{array} \right.$$

Основные уравнения дифракции р/а
d, p, j - связывают между собой

$$\underline{h^2 + k^2 + l^2 = 1}$$

$$\left(\vec{r}_{HKL}^* = H\vec{a} + K\vec{b} + L\vec{c} = \frac{\vec{S}}{\lambda} \right) *$$

Приведем * к скал. виду



$$\left| \vec{r}_{HKL}^* \right| = \frac{h}{d_{HKL}}$$

$$\frac{2d \sin \theta}{\lambda} = \frac{n}{d}$$

$$2d \sin \theta = n \lambda$$

уравнение Брэгга

W Интенсивность ~~интенсивности~~ дифракционных МАК

5.12.
2012
самостоятельная работа

1) Рассеяние рентгеновских лучей свободными электронами

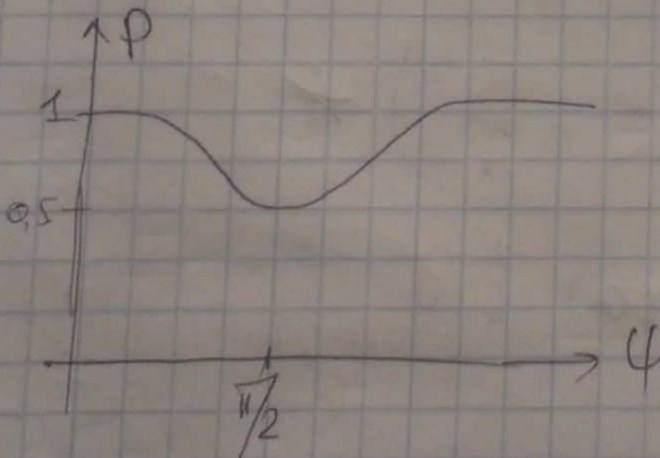


$$I_{\text{эл}} = I_{\text{эл}}^{\perp} + I_{\text{эл}}^{\parallel} = \left(\frac{e^2}{mc^2} \right)^2 \frac{I_0}{R^2} \cdot \frac{1 + \cos^2 \varphi}{2}$$

Формула Томсона

или. Вероятно завис. от ...

ρ - поперечный фактор
и зависит угла рассеяния от e



2) Рассечение рентгеновских лучей атомом по той же формуле, что и e^- , только вместо

$$e^- \rightarrow (ze)^-$$

$$m^2 \rightarrow (2Zp)^2$$

удвоен. коэф. преломл.

$$\frac{I_a}{I_{a0}} = \frac{(ze)^4 m^2}{(2Zp)^2 e^4} = \frac{(ze)^4}{(2Z(3680 m^2)) e^4} =$$

$$= \frac{z^2}{3680^2} = \frac{100000}{3680 \times 3680} = \frac{1}{1350}$$

$$z = 100$$

3) Рассечение рентгеновских лучей атомом

$$I_{\text{атом}} = f^2 I_e, \text{ где } f = \int \rho(r) \exp(i \vec{k} \cdot \vec{r}) dV$$

f — факт — атомного рассеяния
 — фазовый
 — атомная амплитуда

f пока во сколько раз амплитуда рассеяния атома в данном направлении при длине волны больше или меньше рассеяния электроном $\rightarrow (<)$

$$f(\vec{s}) = \frac{E_a}{E_e}$$

Вводим электронные единицы

4) рассеяние р/а простой КР

простой кристалл - кристалл из ячеек, со-
держ. всего 1 атом.

в крист. выберем параллелепипед, направим
лучи по напр. коорд. осей нашего кристалла.
лучи соверш. N-мн. лучек

Если лучи $\vec{n}_1, \vec{n}_2, \vec{n}_3$, то парал. имеет свои векторы $\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}$

$$\vec{n}_1 = N_1 \vec{a}$$

Код лучей, рассеянок лучей световым паралл.

$$E' = f \cdot \exp(i\alpha)$$

α = разность фаз

$$\vec{r} = U\vec{a} + V\vec{b} + W\vec{c}$$

$$\alpha = \frac{2\pi}{\lambda} \vec{r} \cdot (\vec{s} - \vec{s}_0) \Rightarrow$$

U, V, W характер.
место в волор. парал.

$$\alpha = 2\pi \vec{s} \cdot \vec{r}$$

$$0_{111} \rightarrow \begin{matrix} N_1 - 1 \\ N_2 - 1 \\ N_3 - 1 \end{matrix}$$

$$E_{рез} = f \sum_{U=0}^{N_1-1} \exp(i2\pi U \vec{a} \cdot \vec{s}) \sum_{V=0}^{N_2-1} \sum_{W=0}^{N_3-1}$$

$f \cdot \Phi_1 \Phi_2 \Phi_3 = f \Phi =$ интерференц. ф-ция
 \hookrightarrow луч

$$I = I_e \cdot |f|^2 |\Phi|^2$$

$|\Phi|^2$ определяет. оидр. лучей не просто
крист., на интерференц. факторах

$|\Phi|^2 \neq 0$, только при совпадении. Выполняем
 все условия:

$$\vec{a} \cdot \vec{S} = M$$

$$\vec{b} \cdot \vec{S} = K$$

$$\vec{c} \cdot \vec{S} = L$$

При этом: $|\Phi|^2 = N_1^2 \cdot N_2^2 \cdot N_3^2 = N^2$

5) рассеяние р/л сложном кристалле

если в решетке \neq атома, то можно предст.
 как суперпозицию простых крист.

$$\frac{E_{\text{отр.}}}{E_{\text{вв.}}} = F(\vec{H})$$

↑
 структурная амплитуда

$$F(\vec{H}) = \sum_{j=1}^N f_j \exp(i \vec{H} \cdot \vec{r}_j) = \sum_{j=1}^N f_j [\cos 2\pi (h u_j + k v_j + l w_j)]$$

↑
 фактор ат. рассеяния
 атомами сорта j

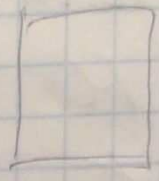
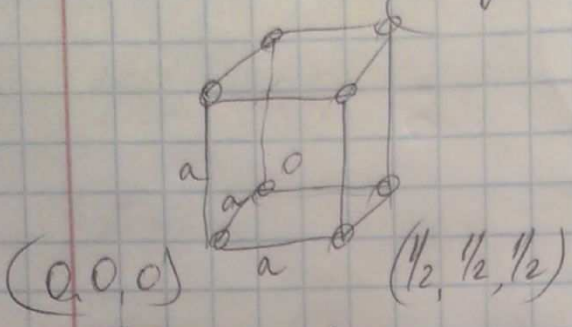
$$\vec{r}_j = u_j \vec{a} + v_j \vec{b} + w_j \vec{c}$$

$$\vec{H} = h \vec{a}^* + k \vec{b}^* + l \vec{c}^*$$

Задана!

$$F(h, k, l) = \sum_j f_j (\cos 2\pi (h u_j + k v_j + l w_j) + i \sin 2\pi (h u_j + k v_j + l w_j))$$

Одн-кristалл (у атомов одного сорта)



База мин. криво векторов, чтоб построить кристалл

Определим структурный множитель Одн-решетки.

$$F = f \left(e^{-2\pi i (h \cdot 0 + k \cdot 0 + l \cdot 0)} + e^{2\pi i (h/2 + k/2 + l/2)} \right)$$

$$= f \cdot (1 + \cos \pi (h+k+l))$$

$$|F|^2 = f^2 (1 + \cos \pi (h+k+l))^2$$

$$h+k+l = 2n \Rightarrow |F|^2 = 4f^2$$

$$h+k+l = 2n+1 \Rightarrow |F|^2 = 0$$

W

26.12
2012

Температура

(Temperature - степень, градус) 4 градуса

T - 20 v-сила ветра

шкала Кельвина (от 0° до 12°)

0° - темп. замерз. воды

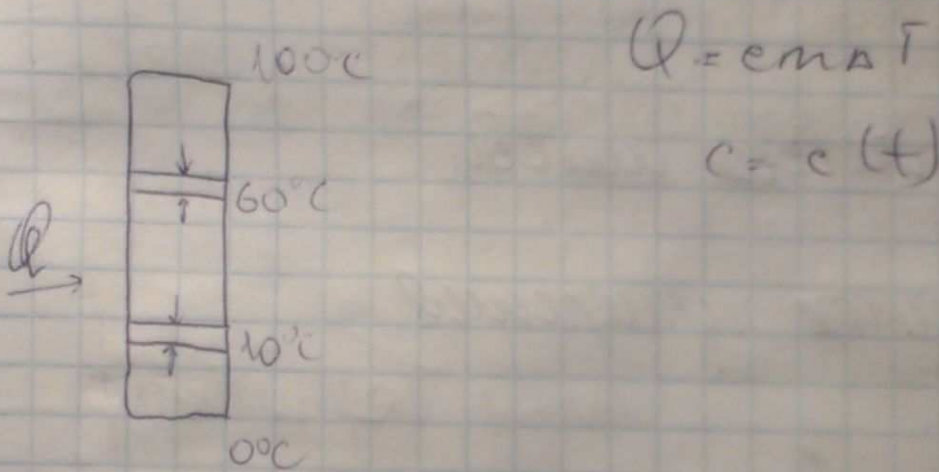
12° - темп. тела чел

- холода
- меньше
- сухости
- влажности

Ранний (1724)
 0-180° между замерзанием и кипением
 воды

Шкала Рамфора (1741)
 0-80

Шкала Цельсия (1742)
 0-100°



Тройная точка воды — точка, при которой вода может сосуществовать во всех 3х фазах

Утверждается ред составили, когда при-
 минаем температуру воспроизводимые

Вне разных темп. интервал — назовем прибор

узкий 3K - 634°C

платиновой термометр

635-1064°C

сепрогивл - термометр из Pb, Co

при воссеках (по знам шупа Ланка)

- термометр

Самое распростран. германоло-медь (константан)
(Cu-Ni)

от 100 до 800°C — (Кромель-Копель)
 Cr-Al Cu-Al

$600-900^\circ\text{C}$ Cr, Al (Кромель-Алмель)

Термоиндукция
Термоконтакт

Пирометрические методы

Безконтактное измерение

Метод Ланга

излучение непрерывной спектр
объект — неподвижный монокристалл
Видокартина — регистр на неподвижную
фотоплёнку.

Рентген: камера спектр, обнаруживающая
(РКСО)

кап А- вход μm

С — гониометр, устройство
экран за образцом
КМ — пробавка (вердик)

Условье Брэгга для метода Лавуэ



КМ-напр. интерф.
max

Схема получения дифракции

- передняя связь (лауэ-узел)
- задняя связь (жиринит)
(плоскость перед отражением)

Частоты света формируются дифр.
(для 1 зоны крист.)

Кристаллограф. зона

$$\vec{R} \vec{H} = 0$$

\vec{H} - вектор обратн
реш \vec{H} крист. решетки
 \vec{R} - напр. оси зона

Кр. зона - совокупность параллельных плоскостей напр - оси зона $[u, v, w]$

Т.к. $\vec{H} = \vec{S} - \vec{S}_0$ тогда $\vec{R}(\vec{S} - \vec{S}_0) = 0$

вектор φ

$$\vec{R} \vec{S} = \vec{R} \vec{S}_0$$

$$|\vec{R}| \cos \varphi = |\vec{R}| \cos \varphi_0$$

$\varphi = \varphi_0$
 φ_0 - угол между перв. лучом и осью зона

$\varphi_0 = \text{const}$ Замкнутые кривые

Линии, отстоящие от нл-тей каждой зоны
расстоянии по нормали сущ φ_0

Линии $\varphi < 45^\circ$ — эллипсы

Линии $\varphi = 45^\circ$ — параллели

Линии $\varphi > 45^\circ$ — гиперболы

Линии $\varphi = 90^\circ$ — концы векторов в нл-ть

Линия. Звездчатая огран. L_0 и L_m, L_e
сферами с радиусами R и r .
Каждый из узлов обр линии может попасть
между этими сферами будет иметь
деф. max

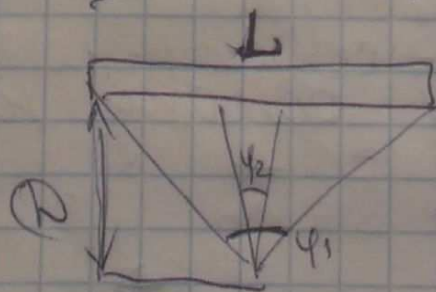
Эти узлы сост. дифкартину

$$\varphi_1 \sim 7^\circ$$

$$\varphi_2 \sim 120^\circ$$

$$D \sim 40 \text{ мм}$$

$$L = 9 \times 12$$



фазе углерод

$$\omega_1/2 \quad \omega_2/2$$

$$\omega_1 = 180 - \psi_1/2$$

$$\omega_2 = 180 - \psi_2/2$$

Расчет Лангранжева

S_0 - напр. перф

S - напр. дуп рунка

N - нормаль, α - угол между NS и OS

ρ - перф от средин перфорации рунки до средин дуп рунки

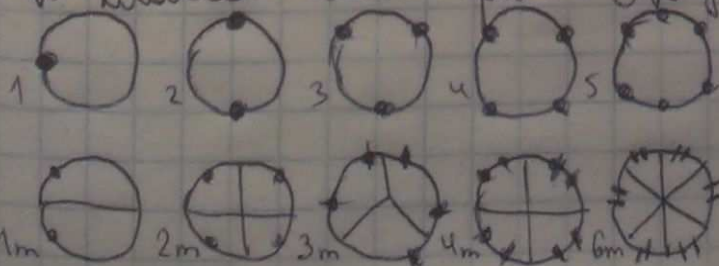
τ - N - тангенциальная проекция NS на OS (hkl)

$$\tau \rho \sin \alpha = \frac{1}{D} \quad L = D \tau \rho \alpha$$

$$\alpha = \frac{1}{2} \arctan \frac{1}{D} \quad L = D \tau \rho \left(\frac{1}{2} \arctan \frac{1}{D} \right)$$



10 классов симметрии Лангранжева



- 1 - не симметрично
- 2 - монотонно
- 3 - равноотроно
- 4 - тетрагонально

4m - кубический класс 3m3

6 мм 6m - рекация по $[001]_c$

3 мм 3m - кубит. вдоль главной оси

2m - радиусный по $[100] [010] [001]$

Определ. карбоната крист. по форме
метки

(сетки метки, расщепление метки, борте)
лучше метки